



Draka

Industry & Specialty | Elevator Products



FACHARTIKEL

TECHNICAL ARTICLES

Geschäftserfolg in Indien		Dr. Ursina Böhm	4
Selbstwähltelefon im Aufzug ... ein echtes Notruftelefon?		René Hammershøj	30
Seile und Seilkonstruktionen		Thomas Barthel; Wolfgang Scheunemann; Wolfram Vogel	36
Kartellrecht und KMUs		Florian J. Hoffmann	44
Schmierung und Wartung von Stahlseilen in Aufzugsanlagen		Dennis Major	48
Ergänzende Aufzugssteuerung für den Brandfall		Ilse Klink	57
Großer Aufzug für große Momente		Werner Beck	63
Fehlerangst senkt Handlungskompetenz		Hartmut Volk	69
Methoden zur Verbesserung von Fahrtreppen		Jose M. Cabanellas Becerra; Juan D. Cano Moreno; Berta Suárez; J. A. Chover; Jesús Féliz	72
Doing business successfully in India		Dr. Ursina Böhm	17
Automatic dialling telephone in lifts ... a true emergency phone?		René Hammershøj	32
Ropes and rope constructions		Thomas Barthel; Wolfgang Scheunemann; Wolfram Vogel	40
Anti-Trust laws and SMEs		Florian J. Hoffmann	46
Lubrication and Maintenance of steel wire ropes on lifts		Dennis Major	54
Supplementary elevator controls used in the event of a fire		Ilse Klink	60
A grand elevator for grand moments		Werner Beck	66
Methods for Improving Escalators		Jose M. Cabanellas Becerra; Juan D. Cano Moreno; Berta Suárez; J. A. Chover; Jesús Féliz	78

VERANSTALTUNGEN

EVENTS

Die Henning GmbH aus Schwelm investiert in neuen Entwicklungsstandort		86
Produktschulung „Schacht- und Fahrkorbschiebetüren“ für Aufzugsmonteur		87
Sommerreise der VFA-Geschäftsführerin bietet Einblicke in die Wirtschaftslage der Aufzugstechnik-Branche		89
Erste Prüfung Teil A im Herbst 2008 in der VFA-Aufzugs-Weiterbildung nach VDI 2168		90
CAN- und CANopen-Seminar in Essen		90
Seminar am 18.–20. November 2008 im GARP Bildungszentrum in Plochingen – Basiswissen Aufzüge		90
Wissensforum am 14. November 2008 in Frankfurt – Innovative und energieeffiziente Lösungen im Aufzugsbau – rund um den Schacht		91
Weiterbildungs-Master-Studiengang an der FH Hannover – „Nachhaltiges Energie-Design für Gebäude“		91
Bauen: energieeffizient, barrierefrei, im Bestand – Leitthemen auf der BAU 2009		92
Weltleitmesse interlift 09 plant erstmals mit neuer Messehalle		93
Lift 2008: Aufzüge im Hinblick auf Zugänglichkeit und Ökonomie		95

METHODEN ZUR VERBESSERUNG VON FAHRTREPPEN

JOSE M^a. CABANELLAS BECERRA, JUAN D. CANO MORENO, BERTA SUÁREZ, J. A. CHOVER UND JESÚS FÉLIZ¹⁾

In diesem Beitrag werden mehrere Methoden vorgestellt, mit denen man nach Verbesserungen bei der Auslegung von Fahrtreppen suchen kann. Die Erfindung der Fahrtreppe liegt bereits ein Jahrhundert zurück. Im Laufe der Zeit wurden immer wieder Eigenschaften entwickelt, von denen die meisten nicht wirklich einen klaren Vorteil im Vergleich zur herkömmlichen Konstruktion gebracht haben. Fahrtreppen haben sich zu einem „Bedarfsgut“ entwickelt.

CITEF verwendet Tools, mit denen das statische, kinematische und dynamische Verhalten dieses Mehrkörpersystems simuliert und analysiert werden kann. Wir haben MATLAB-, CATIA- und SIMPACK-Software benutzt. Darüber hinaus wurde ein auf dynamischen Ergebnissen basierendes Modell zur Standzeitprognose entwickelt.

1. Einleitung

In ihrer Grundaussage gibt es die Fahrtreppen schon seit mehr als einem Jahrhundert, ohne dass größere Änderungen daran vorgenommen wurden (Cabanellas et al. 2008). Das erste Patent wurde 1859 durch Nathan Ames für eine umlaufende Treppe in Form eines gleichschenkligen Dreiecks beantragt. Mit dieser Konstruktion wurde erstmals eine derartige Hubvorrichtung in die Tat umgesetzt.

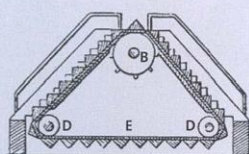


Abb. 1: Die umlaufende Treppe von Nathan Ames

Ihre Herkunft hat die moderne Fahrtreppe Erfindungen zu verdanken, die mehr als ein Jahrhundert alt sind (Strakosch 1983). Dabei hat sich an der Grundaussage nichts Wesentliches verändert. Bis heute erfolgt die mechanische Auslegung auf experimentellem Wege, sodass die Erprobung von Änderungen zeit- und kostenaufwändig ist.

Um den Kosten- und Zeitaufwand für die Erprobung zu reduzieren, ist eine Simulation des kinematischen und dynamischen Verhaltens unter Anwendung einer Mehrkörper-Dynamiksoftware notwen-

dig. Durch den Einsatz dieser Art von Tools spart man Zeit, weil die Fahrtreppe ja nicht wirklich gebaut werden muss. Darüber hinaus kann das Modell auf einfache Weise sensorisiert und getestet werden. Diese Zeitersparnis ist bei der Erforschung und Konstruktion einer Vorrichtung, die zu einem Bedarfsgut wird, sehr wichtig. Es gibt mehrere Modelle (Kwon 1998 und Kwon et al. 2005), die erfolgreich mit Hilfe der Simulationssoftware entwickelt wurden.

Andererseits möchte CITEF Innovationen und neue Konzepte für Fahrtreppen entwickeln. Auch andere Unternehmen beschäftigen sich mit der Entwicklung von Verbesserungen, aber die wirklich durchschlagenden Innovationen sind rar gesät. Ein Beispiel einer einschneidenden Innovation ist der Gedanke, eine Fahrtreppe mit veränderlicher Geschwindigkeit zu entwickeln (Ogura und Haruta 2002 und Miravette und Larrodé 2007).

In diesem Beitrag werden einige Modelle vorgestellt und beschrieben, die eine Bewertung der kinematischen und dynamischen Eigenschaften einer Fahrtreppe ermöglichen.

2. Entwickelte Modelle

2.1 Dynamisches Modell

2.1.1 Einleitung

Zur Erstellung dynamischer Modelle haben wir eine universell anwendbare Mehrkörper-Analysesoftware verwendet. In diesem Fall haben wir uns für die SIMPACK-Software entschieden.

Um das dynamische Verhalten eines Mehrkörpersystems mit diesem Programm analysieren zu können, muss zuerst das Problem definiert und dann das System in seine grundlegenden mechani-

schen Komponenten wie Körper, Verbindungen und Kraftelemente aufgeteilt werden.

Anschließend müssen die Parameterwerte des Modells definiert werden:

- Masse, Trägheitsmomente und Schwerpunktslagen
- Montagepunkte zwischen benachbarten Elementen
- Steifigkeit, Dämpfungs- und Reibungskoeffizienten usw.

Obwohl wir eine konventionelle Vorrichtung modelliert haben, wird die Bewegung von zwei Antriebsrädern auf ihre zugehörigen Rollenketten übertragen. Bei diesem Modell liegt also die Schwierigkeit darin, das dynamische Verhalten der Kette zu simulieren, weil viele Körper, Verbindungen, Kraftelemente und deren charakteristische Eigenschaften definiert werden müssen. Andererseits könnte die dafür aufgewendete Zeit dramatisch ansteigen, wenn die Zahl der zu lösenden Gleichungen so viel größer ist.

SIMPACT verfügt über ein spezifisches Modul einer Kettendynamik mit der Bezeichnung SIMPACK CHAIN, das hier kurz erläutert werden soll.

Mit diesem Modul lassen sich 2D-Ketten erstellen, die aus Kettengliedern (Innen- und Außenrädern), Kettenrädern (eines der Räder muss das Leitrad sein) und Kettenführungen bestehen. Um eine konventionelle Fahrtreppe konstruieren zu können, müssen die unterschiedlichen Arten des Kontakts zwischen den verschiedenen Körpern in Abhängigkeit ihrer relativen Lage berücksichtigt werden.

¹⁾ Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Centro de Investigación de Tecnologías Ferroviarias, Spanien

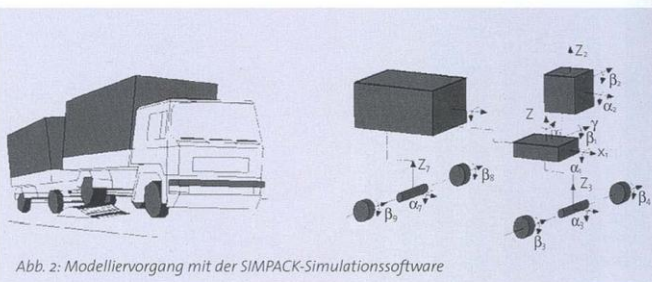


Abb. 2: Modellierungsvorgang mit der SIMPACK-Simulationssoftware

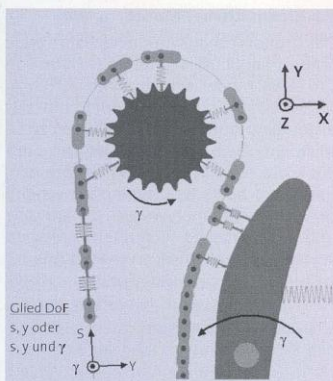


Abb. 3: Kontaktkräfte zwischen Kettengliedern und -rädern sowie -führungen, Freiheitsgrade und das Koordinatensystem

SIMPACK CHAIN modelliert den Kontakt zwischen der Führung und den Gliedern mit den Reibungs- und normalen Kräften zwischen den sich berührenden Körpern. Bei dieser Art des Kontakts wird jedes einzelne Glied unter Verwendung der gleichen Kontaktparameter modelliert.

Die Kontaktkräfte zwischen dem Kettenglied und dem benachbarten Glied sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Die Innen- und Außenglieder können aber mit unterschiedlichen Kontakt- und Geometrieparametern definiert werden. Die Reibungs- und Zugkontakte zwischen benachbarten Kettengliedern werden ebenfalls berücksichtigt. Dabei ist die Steifigkeit translational und wird deshalb als eine Kraft generiert.

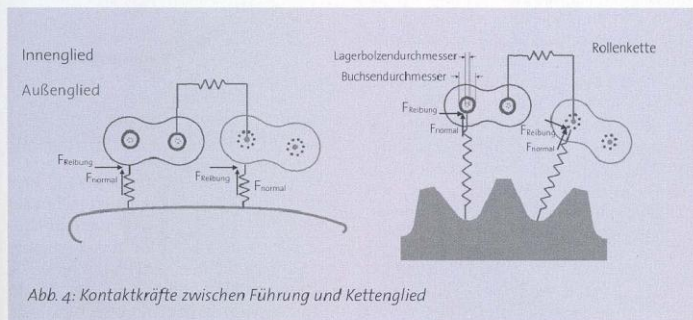


Abb. 4: Kontaktkräfte zwischen Führung und Kettenglied

Vorher, noch bevor die die verschiedenen Krafttypen kennzeichnenden Parameter definiert werden, müssen alle Körpergeometrien mit Ausnahme der Kette bestimmt werden. Um eine Kette generieren zu können, müssen einige Parameter Stück für Stück definiert werden. Diese

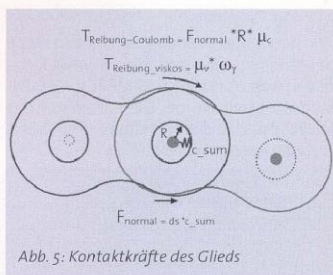


Abb. 5: Kontaktkräfte des Glieds

Parameter befinden sich in verschiedenen Schablonen. Die folgende Abbildung zeigt beispielsweise eine der Schablonen:

Art des Glieds	Außenglied
Schwerpunktslage in x [m]	0
Masse [kg]	0,0042
Trägheit um g_x [kgm ²]	2,8e-007
Längung [%]	0
Durchmesser Lagerbolzen, d_2 [m]	0,00315
*lichte Weite Lagerbolzen, b_4	0,0235
Blechteiefe max., h_3 [m]	0,0076
*Blechteiefe min., h_5 [m]	0,0074
*Breite zw. Bleche, b_3 [m]	0,0086
*lichte Weite Glied, b_0 [m]	0,0115
*3D Zeichentoleranz Blech [m]	0,0002
*3D Zeichentoleranz Bolzen [m]	0,0001
*3D Farbe Blech	10
*3D Farbe Bolzen	11

Abb. 6: Beispiel einer Schablone, mit der die äußeren Kettenglieder definiert werden

Wie bereits erwähnt, muss die Definition der Kette äußerst präzise sein, sonst wird SIMPACK sie nicht generieren.

Nachdem wir nun erläutert haben, wie die SIMPACK-Software und das SIMPACK

LED-Technik... in anderem Licht



beta GmbH

Wir bieten die nicht alltäglichen LED-Lösungen – kreativ, flexibel, kostengünstig.

Anwendungsbeispiele:

- Fahrtreppenampeln/Signalanlagen
- Stufenbandbeleuchtung
- Sicherheitsleuchten/Fluchtschilder
- Kabinenbeleuchtung
- Kammleuchten

LED – Lichttechnologie der Zukunft

- Lebensdauer bis zu 25 Jahre (10 Std./Tag)
- geringer Wartungsaufwand
- niedriger Stromverbrauch
- in allen RGB-Farben – auch steuerbar

Hier erfahren Sie mehr:
www.betalight.de - 08 666 / 98 17-0

beta GmbH Kreative LED-Ideen



Ganzheitliches Konzept für Aufzugsnotruf!



Aufzug-Aufsichtungen und Dienstleistungen

BNOS-System

- 1 Sprachnotruf
- 2 Visualnotruf
- 3 Elektronischer Aufzugwärter



Telecom Behnke GmbH
Notrufzentrale Behnke GmbH
Info-Hotline: +49 (0) 68 41/81 77-700
Internet: www.behnke-online.de
E-Mail: info@behnke-online.de

2.1.2 Das Vollmodell

Wir werden ein Modell einer Fahrtreppe beschreiben, das mit der SIMPACK-Basissoftware und dem SIMPACK CHAIN-Modul erstellt wurde. Die Parameter des Modells sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Parameter für dieses Modell	
Anzahl der Glieder	81
Kettengliedteilung (m)	0,1667
Kontaktsteifigkeit Führungsrolle (N/m)	1,0 E6
Kontaktdämpfung Führungsrolle (Ns/m)	500
Lineare Geschwindigkeit (m/s)	0,5
Fußkreisdurchmesser (m)	0,8
Kopfkreisdurchmesser (m)	0,963
Vorspannung in der Kette (N)	3000

Der Weg, den die Kettenglieder nehmen müssen, wird mit Hilfe einiger Kontaktführungen und mindestens zweier Zahnräder vorgegeben. Ein Element fungiert als Spannvorrichtung. Wie die nachstehende Abbildung zeigt, lässt sich mit diesem SIMPACK-Modul die Führungsgeometrie erstellen.

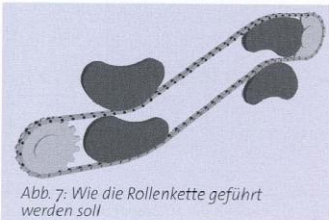


Abb. 7: Wie die Rollenkette geführt werden soll

Dennoch müssen die Kontaktkräfte zwischen jeder Rolle und den echten Führungen mit Hilfe der SIMPACK-Basissoftware modelliert werden, weil sich sonst die Reaktionskraft entlang der vollen Führungen nicht errechnen lässt. Es wurden also zwei Führungen konstruiert. Eine für die Herstellung des Kontakts mit den Innenrollen und die andere für die Simulation des Kontakts mit den Außenrollen. Darüber hinaus wurden die Kontaktkräfte zwischen den einzelnen Rollen und deren Führung mit Hilfe mobiler Markierungen definiert. Die Stufen wurden dem Modell in Form einer zylindrischen Verbindung zur zugehörigen Außenrolle hinzugefügt. Die nachstehende Abbildung zeigt ein vollständiges Modell einer Fahrtreppe.

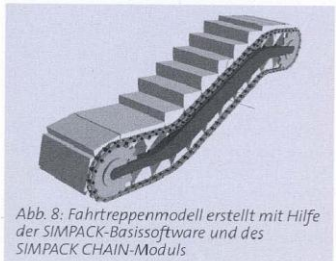


Abb. 8: Fahrtreppenmodell erstellt mit Hilfe der SIMPACK-Basissoftware und des SIMPACK CHAIN-Moduls

2.2 Kinematisches Modell

Der Grundmechanismus einer Fahrtreppe (ohne Handlauf) wurde mit Hilfe von CATIA V5 modelliert. Ein DMU KINEMATICS-Modul wurde verwendet, um das allgemeine kinematische Verhalten zu simulieren. Auch wenn wir nur mit SIMPACK Modelle hätten entwickeln können, haben wir beide Programme verwendet, denn nur so können wir das dynamische und kinematische Verhalten zwischen verschiedenen Modellen vergleichen.

Verbindungen über Drehgelenke wurden zwischen den Gliedern und zwischen den einzelnen Gliedern und ihren zugehörigen Rollen definiert, wobei eine gemeinsame Achse und ein konstanter Versatz zum Einsatz kamen. Die Führungen wurden mit einer festen Verbindung fixiert und zwischen jeder einzelnen Rolle und der zugehörigen Führung gibt es eine Rollenbogenverbindung.

Die Bewegungsgebote und -gesetze wurden definiert, um verschiedene Traktionsarten zu simulieren. Das Modell wurde sensorisiert, um die kinematischen Variablen und relativen Abstände zwischen den verschiedenen Körpern messen zu können. In der nächsten Abbildung werden die grundlegenden Elemente eines mit der CATIA V5-Software erstellten Modells dargestellt.

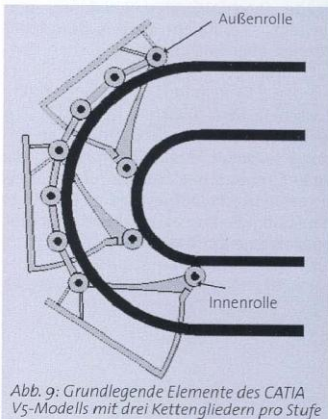


Abb. 9: Grundlegende Elemente des CATIA V5-Modells mit drei Kettengliedern pro Stufe

CATIA V5 ist flexibler als SIMPACK, weil Änderungen der Geometrien schneller durchgeführt und getestet werden können. Auf diese Weise konnten verschiedene Führungsradien, Rollendurchmesser, Kettengliedteilungen und Führungs- und Stufengeometrien getestet werden.

2.3 Weitere Entwicklungen

Abgesehen von der Entwicklung einiger Modelle auf der Grundlage traditioneller Fahrtreppen, wurden andere Modelle entwickelt, mit denen sich schöpferische Ideen prüfen lassen. Damit wurden neue Führungsformen und variable Ketten-

gliedteilungen geprüft, wie in der nachstehenden Abbildung gezeigt. Es wurde eine neue Form der Führung mit zwei Kettengliedern pro Stufe konstruiert, um den Kontakt zwischen benachbarten Stufen zu verhindern.

Ein weiteres Forschungsgebiet ist der Polygonisierungseffekt, der in jeder Kettentransmission enthalten ist. Durch den Polygonisierungseffekt wird die lineare Geschwindigkeit der Räder variabel. Das ist ein unerwünschter Effekt, der sich aus dem Unterschied zwischen der Bogenlän-



ge an der Stelle, wo das Kettenglied angeordnet ist, und der Kettengliedteilung ergibt. Diese Unterschiede nehmen mit der Länge der Kettengliedteilung zu (Calero und Carta 1999) und nehmen ab, wenn der Radius des Rades größer wird. Die Gleichung (1) zeigt, wie sich die lineare

Geschwindigkeit mit dem Drehwinkel verändert:

$$v = \frac{L \cdot \cos(\varphi) \cdot \omega}{2 \cdot \sin(\alpha)} = R \cdot \cos(\varphi) \cdot \omega \quad \varphi \in [0, 2\alpha] \quad (1)$$

L steht für die Kettengliedteilung, 2α für den Winkel zwischen zwei benachbarten Rollen und der Radmitte, φ für einen veränderlichen Winkel definiert zwischen der vertikalen Linie und der Linie zwischen der untersuchten Rolle und der Radmitte, R für den Radius des Rades und ω für die Drehgeschwindigkeit des Rads. Diese Parameter sind in der nachstehenden Abbildung dargestellt:

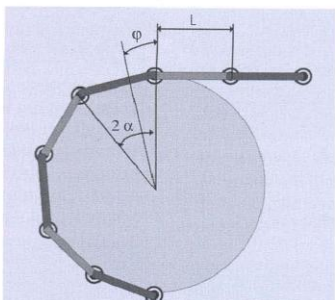


Abb. 11: Parameter zur Definition des Polygonisierungseffekts in einer Rollenkette

Dieser Effekt rechtfertigt auch die Suche nach neuen Formen der Führung sollte sich die Kettengliedteilung vergrößern. Es gibt einige Patente über impulsfreie Führungsbögen.

Statische, kinematische und geometrische Berechnungen mit MATLAB wurden programmiert. Die Ergebnisse wurden als Input für die andere Software sowie für Vergleiche mit den Ergebnissen dieser Software herangezogen.

3. Ergebnisse

3.1 Dynamische Ergebnisse

Die dynamischen Ergebnisse stammen vom SIMPACK-Postprozessor. Die folgenden Abbildungen stellen das allgemeine dynamische Verhalten einer herkömmlichen Fahrtreppe in der vorher angedeuteten Auslegung dar.

Die charakteristischen dynamischen Variablen, die in einer Vorrichtung mit Ketten zu messen sind, sind die resultierenden Reaktionskräfte zwischen jeder einzelnen Rolle und der zugehörigen Führung, die Zugkraft, die jedes Kettenglied über die Zeit verkräften muss, die Tensorkraft und ihre Verlagerung über die Zeit, die Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Lagen, Winkel, Drehmomente usw.

HÜTTER-HUBTÜREN: GENIAL EINFACH



- **Sicher:** Nachträglicher Kabinenabschluss
- **Optimal:** Minimale Einbaumaße
- **Weit:** Zugangsbreite bleibt erhalten
- **Einfach:** Schnelle, unkomplizierte Montage
- **Problemlos:** Integration in die Steuerung
- **Leicht:** Türflügel aus Aluminium (optional)
- **Mustergültig:** Mustergeprüft vom TÜV Süd

Ihr Anruf:
Telefon +49 40/72 77 66-0



**HÜTTER
AUFZÜGE**

HÜTTER-AUFZÜGE GmbH
Siemensstraße 11
D-21509 Glinde/Hamburg
Germany
Telefon +49 40/72 77 66-0
Fax +49 40/72 77 66 55
info@huetter-aufzuege.de
www.huetter-aufzuege.de

Erfahrung – Sicherheit – Design

In diesem Beitrag werden die wichtigsten Ergebnisse bezogen auf die Standzeit der Ketten präsentiert. Die folgende Abbildung zeigt die Längs(zug)kraft im Verlauf eines Zyklus.

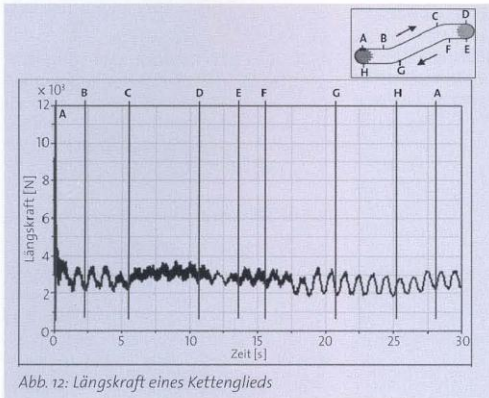


Abb. 12: Längskraft eines Kettenglieds

Die folgende Abbildung zeigt die Kontaktkräfte zwischen jeder einzelnen Rolle und ihrer zugehörigen Führung. Die vorige Abbildung zeigt lediglich die Kontaktkraft zur Innenrolle. Die nachstehende Abbildung zeigt die Reaktionen sowohl für die Innen- als auch die Außenrollen.

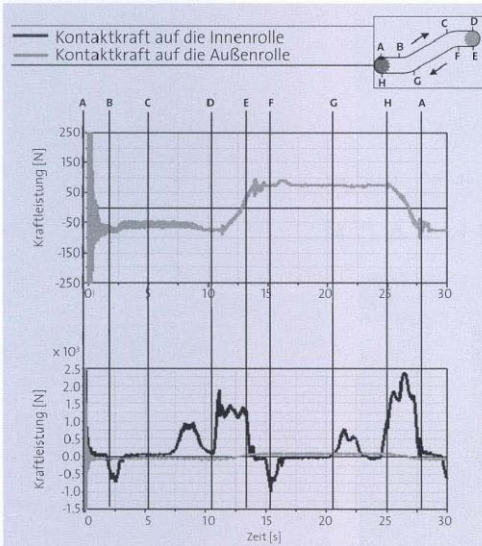


Abb. 13: Kontaktkräfte sowohl der Innen- als auch der Außenrollen

3.2 Kinematische Ergebnisse

Die kinematischen Ergebnisse stammen von der CATIA V5-Simulationssoftware unter Einbeziehung verschiedener Gebote und Gesetze zur Definition der Bewegung. Es werden zwei repräsentative Fälle gezeigt, obwohl CITEF noch weitere entwickelt hat.

Die Simulation der linearen Traktion erfolgte unter Beaufschlagung einer konstanten linearen Geschwindigkeit einer Außenrolle bevor die Führung herumwirbelt. Die Grafik zeigt eine Simulation von etwa 3,25 Sekunden, und die Rolle, die von einem horizontalen Führungsteil kommt, wandert zur nächsten horizontalen Zone.

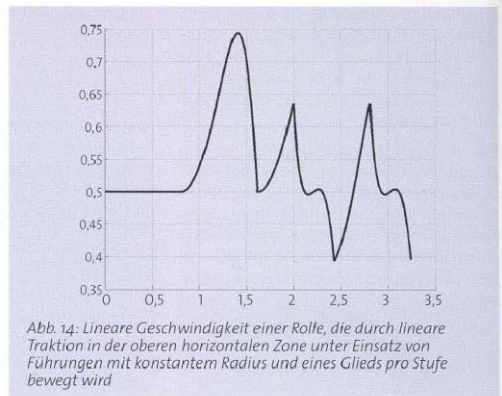


Abb. 14: Lineare Geschwindigkeit einer Rolle, die durch lineare Traktion in der oberen horizontalen Zone unter Einsatz von Führungen mit konstantem Radius und eines Glieds pro Stufe bewegt wird

Wenn eine Rolle (Antriebsrolle) mit einer konstanten linearen Geschwindigkeit beaufschlagt wird, haben die beiden nächsten benachbarten Rollen eine lineare Geschwindigkeit, wie sie in der nachstehenden Abbildung dargestellt ist. Darüber hinaus zeigt diese Abbildung den Mindestabstand zwischen zwei benachbarten Stufen in der Zeit. Die Simulation erfolgte für die nachstehend dargestellte Form der Führung.

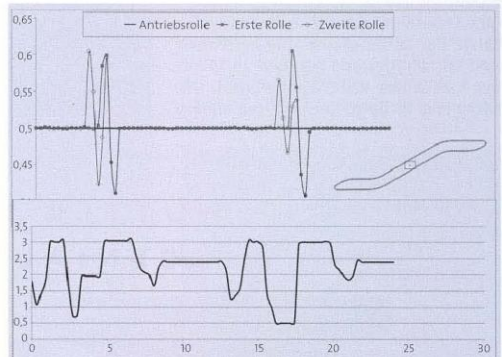


Abb. 15: Lineare Geschwindigkeit (m/s) von Rollen, die durch eine einzige Rolle bewegt werden, mit einer neuen Form der Führung mit zwei Gliedern pro Stufe (oben), mit einem Mindestabstand (mm) zwischen der Antriebs- und der ersten Rolle (unten)

Es wurden mehrere Programme mit der Programmiersprache von MATLAB entwickelt. Als Beispiel wird ein kinematisches Ergebnis in der folgenden Abbildung dargestellt.

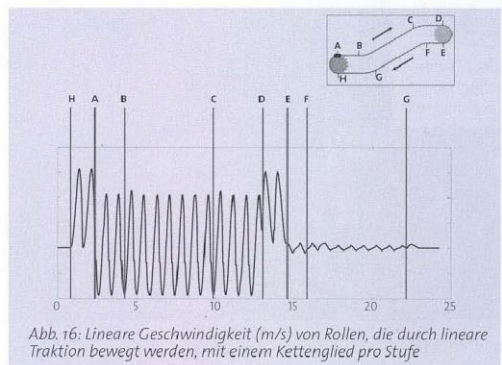


Abb. 16: Lineare Geschwindigkeit (m/s) von Rollen, die durch lineare Traktion bewegt werden, mit einem Kettenglied pro Stufe

4. Diskussion

Das mechanische Verhalten von Fahrtreppen wurde mit drei verschiedenen Software-Entwicklungen untersucht (SIMPACK, CATIA und MATLAB). Jedes Modell liefert Ergebnisse, die unterschiedliche Eigenschaften der Vorrichtung aufzeigen. Alle Eigenschaften sind untereinander kohärent.

Die unter den drei verwendeten Tools festgestellten Analogien verleihen den erzielten Ergebnissen eine gewisse Sicherheit. Die Abbildungen 12, 14 und 16 zeigen ein gemeinsames Muster, da alle Eigenschaften Längsphänomene definieren: Die Zugkraft eines Kettenglieds und die lineare Geschwindigkeit der Rollen. Es ist erkennbar, dass die Hauptfrequenz mit der Kettengliedteilung übereinstimmt. Die mit der SIMPACK-Software erzielten Zahlen fluktuieren zu höheren Frequenzen. Dieses Phänomen kommt daher, dass SIMPACK dynamische Parameter simuliert, während CATIA- und MATLAB-Modelle nur kinematisch oder statisch sind. SIMPACK-Ergebnisse zeigen die flüchtigen dynamischen Effekte in den ersten Augenblicken. Permanente Komponenten werden schnell erreicht.

Die Abbildungen 14 und 16 zeigen, dass die maximale lineare Geschwindigkeit und der Polygonisierungseffekt von gewissen Parametern wie Traktionsart, Anzahl der Kettenglieder pro Stufe und Führungsradius sowie Führungsform abhängt.

Wie in Abbildung 13 dargestellt, ist die durch jede Rolle zu verkräftende Reaktionskraft sehr unterschiedlich. Die innere Rolle verkräftet eine geringere Normalkraft als die äußere. Dieses Ergebnis war zu erwarten, weil die inneren Rollen nicht als Kette miteinander verbunden sind. Für die Normalkraft gibt es zwei verschiedene Ursachen:

- Schwerkraft wegen der auf jede Rolle wirkenden Last
- Gleichgewicht zwischen den Zugkräften, die durch die Kettenglieder verkräftet werden

Die erste Ursache wirkt sich sowohl auf die innere als auch auf die äußere Rolle aus, die zweite Ursache jedoch nur auf die Außenrolle. Dieses Ergebnis deutet an, dass Außenrollen viel kritischer sind

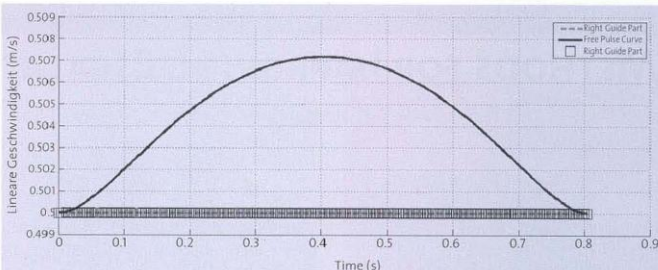


Abb. 17: Lineare Geschwindigkeit (m/s) von Rollen, die durch lineare Traktion bewegt werden, mit einem Kettenglied pro Stufe und einer impulsfreien Führung

als Innenrollen. Der Polygonisierungseffekt verursacht Änderungen in der Geschwindigkeit, die sich entlang der Fahrtreppe fortsetzen. Dieser Effekt verringert die Standzeit der Kette und verschlechtert den Fahrkomfort. Auch die Wartungsintervalle werden dadurch kürzer und es könnten sich akustische Probleme ergeben. CITEF hat einige Modelle mit unterschiedlichen impulsfreien Bögen entwickelt. Impulsfreie Bögen sichern eine konstante lineare Geschwindigkeit in den richtigen Teilen der Führung, und es gibt andere Bögen, die diese Effekte minimieren können. Abbildung 16 zeigt den Unterschied zwischen der Verwendung impulsfreier oder kreisförmiger Führungen (Abb. 14).

5. Schlussfolgerungen

CITEF hat eine Reihe Tools entwickelt, mit denen die Dynamik und Kinematik von Fahrtreppen untersucht werden können. Mit diesen Tools wurden einige Fahrtreppenaspunkte untersucht, wie z.B. Kettengliedlängen und Führungsgeometrien, die bei den dynamischen und kinematischen Ergebnissen eine große Rolle spielen.

Diese Ergebnisse zeigen einige Möglichkeiten der Verbesserung des Fahrtreppenverhaltens auf. Anhand eines echten Fahrtreppenprototyps werden diese Tools vollständig durch experimentell ermittelte Daten bestätigt. CITEF wird dann in der Lage sein, mit Hilfe dieser Tools die Innovationen zu testen.

Literatur

siehe englischer Beitrag Seite 83

Autorenbiografien

José María Cabanellas ist ein außerordentlicher Professor des Fachbereichs Maschinenbau und Fertigung der polytechnischen Universität Madrid. Seine Doktorarbeit hatte die Systemmodellierung und -simulation zum Thema und er leitet ähnlich gelagerte Projekte bei CITEF.

Juan David Cano ist als Forschungsingenieur bei CITEF tätig. Sein Spezialgebiet ist die Fahrtreppensimulation und -konstruktion. Er hat ein Masterdiplom in Maschinenbau der polytechnischen Universität Madrid. Er schreibt derzeit seine Doktorarbeit.

Berta Suarez ist Leiterin der Sparte Eisenbahndynamik bei CITEF. Sie hat ein Masterdiplom in Maschinenbau der polytechnischen Universität Madrid. Sie schreibt derzeit ihre Doktorarbeit.

Jose Antonio Chover ist als Forschungsingenieur bei CITEF tätig. Sein Spezialgebiet ist die Simulation und Konstruktion von mechanischen Eisenbahnvorrichtungen. Er hat ein Masterdiplom in Maschinenbau der polytechnischen Universität Madrid. Er schreibt derzeit seine Doktorarbeit.

Jesús Féliz ist ein Ordinarius der polytechnischen Universität Madrid. Er ist derzeit Direktor bei CITEF. Er verfügt über eine umfangreiche Erfahrung auf dem Gebiet der Systemmodellierung und -simulation und hat zu diesem Thema bereits eine Vielzahl von technischen Publikationen veröffentlicht.

Dieser Beitrag wurde anlässlich der **ELEVCON** Thessaloniki 2008 auf dem internationalen Kongress für die Technik des Vertikaltransports präsentiert und erstmals im IAEE-Buch „Elevator Technology 17“ veröffentlicht, das durch A. Lustig verlegt wird. Es handelt sich um einen Nachdruck mit der Genehmigung durch The International Association of Elevator Engineers **IAEE**

Lift REPORT

ANZEIGENSCHLUSS
30. OKTOBER 2008

METHODS FOR IMPROVING ESCALATORS

JOSE M^a. CABANELLAS BECERRA, JUAN D. CANO MORENO, BERTA SUÁREZ, J. A. CHOVER AND JESÚS FÉLEZ¹⁾

This paper presents several methods to search for improvements in escalator design. Escalators were invented more than a century ago. During this time several features have been developed although most of them have not shown any clear advantage over the conventional device. This mechanism is becoming a "commodity" product.

CITEF is using tools to simulate and to analyze the static, kinematic and dynamic behaviour of this multibody system. We have used MATLAB, CATIA and SIMPACK software. In addition, a life prediction model based on dynamic results has been developed.

1. Introduction

The basic design of escalators has been in use for more than a century without any significant changes (Cabanellas et al. 2008). The first patent was taken out in 1859 by Nathan Ames for a revolving stairway in the form of an equilateral triangle. This design was the first idea for such a lifting mechanism.

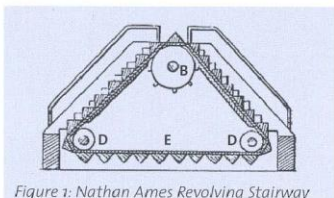


Figure 1: Nathan Ames Revolving Stairway

The modern escalator comes from inventions which are more than one hundred years old (Strakosch 1983), and its basic design has not changed. Up to now, the mechanical design has been carried out in an experimental form; therefore, testing any changes is costly both in terms of time and money.

The way to reduce the experimental cost and time consists in simulating the kinematic and dynamic behaviour using multibody dynamic software. The use of these kinds of tools will allow time to be saved because the escalator does not need to be built. In addition, the model can be sensorized and tested in an easy way. This time-saving is very important in the research and design concerning a mechanism that is becoming a commodity product. There are some models

(Kwon 1998 and Kwon et al. 2005) which have been successfully developed by simulation software.

On the other hand, CITEF is seeking to develop innovations and new concepts in escalators. Some companies are developing improvements too, but there are few drastic innovations. An example of a drastic innovation is the idea to develop an escalator with variable speed (Ogura et Haruta 2002 and Miravete et Larrodé 2007).

In this paper, some models are shown and described, which let the kinematic and dynamic characteristics of an escalator be evaluated.

2. Developed Models

2.1 Dynamic Model

2.1.1 Introduction

To make the dynamic models, we have used generalpurpose multibody analysis software. In this case, the software selected was SIMPAK.

To analyse the dynamic behaviour of a multibody system with this program, firstly the problem must be defined and then the system divided into its basic mechanical components, like bodies, joints and force elements.

After this, the model parameter values have to be defined:

- Mass, inertia moments and centre of gravity positions
- Assembly points between adjacent elements
- Stiffness, damping and friction coefficients, etc.

Although, we have modelled a conventional mechanism, the motion is transmitted from two driving wheels to their

respective roller chains. So, the difficulty of the model is to simulate the chains' dynamic behaviour because there are a lot of bodies, joints, force elements, and their characteristic parameters, to be defined. On the other hand, if the number of equations to be solved is so much larger, the time required could rise dramatically.

SIMPACT has a specific module of chain dynamics, called SIMPACK CHAIN, which will be described briefly. This module allows creating 2D chains which are composed of chain links (inner and outer links), chain wheels (one of them must be the leading wheel) and chain guides. In order to design a conventional escalator, the different types of contact which occur between the different bodies depending on their relative position have to be taken into account.

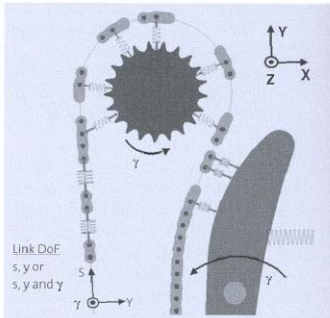


Figure 3: Contact Forces between Chain Links and Wheels and Guides, Degrees of Freedom and the Coordinate System

SIMPACT CHAIN models the contact between the guide and links with frictional and normal forces between the contacting bodies. In this case of contact, any in-

1) Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Centro de Investigación de Tecnologías Ferroviarias, Spain

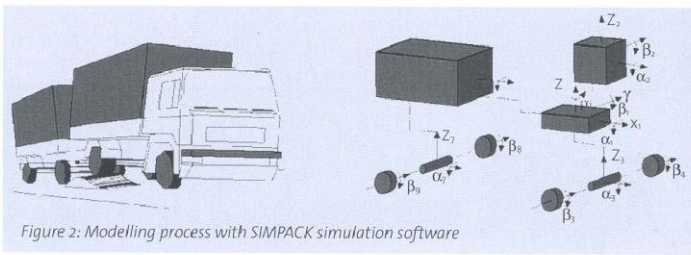


Figure 2: Modelling process with SIMPACK simulation software



Glas? Klar!

Ob Farbverglasung oder Spiegel, Sensortaste oder Mechanik mit Glasoberfläche: Durch eine Vielzahl realisierter Projekte wissen wir, worauf es bei der Ausstattung von Designobjekten ankommt.

Ein guter Entwurf lebt erst mit gekonnter Umsetzung der Details.

Mehr als V2A

Für Ihre Ideen kombinieren wir unterschiedliche Materialien, u.a. Marmor, Messing, Spiegel, Holz, Baubronze oder Aluminium.

Und was wir daraus machen:

- verspiegelte Paneele mit Sensortasten
- hinterdruckte Paneele mit taktilen Glastasten
- verchromte oder vergoldete Pultrableaus

Wir beraten Sie gerne während der Planung und Umsetzung exklusiver Bedienelemente oder ganzer Kabinen. Unser Team freut sich auf neue Herausforderungen.

Leistung. Leidenschaft. Qualität.

Butz & Neumair GmbH
Eisolzrieder Str. 3
D-85232 Bergkirchen-Priel
Tel.: +49 (0) 81 38 / 69 78 - 0
www.butz-neumair.de

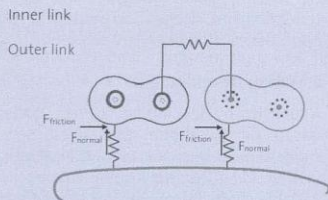


Figure 4: Guide-Chain Link Contacting Forces

dividual link is modelled using the same contact parameters.

The contact forces between each chain link and the adjacent link are represented in the next figure. The inner and outer links can, however, be defined with different contact and geometry parameters. Frictional and tensile contacts between adjoining chain links are also considered. The friction between links is due to a rotation and is therefore applied as a torque, whereby stiffness is translational and therefore generated as a force.

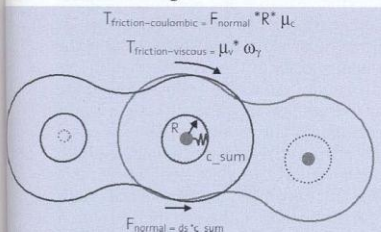


Figure 5: Link Contacting Forces

Previously, before defining the parameters that characterize different force types, all body geometries have to be determined, except for the chain. To generate a chain, some parameters have to be defined in a piecemeal manner. These parameters are located in several templates. By way of illustration, the following figure shows one of them:

Type of Link	Outer
CoG Position in x [m]	0
Mass [kg]	0.0042
Inertia about ga [kgm^2]	2.8e-007
Elongation [%]	0
Bearing Pin Diameter, d2 [m]	0.00315
*Width over Bearing Pins, b4	0.0235
Max Plate Depth, h3 [m]	0.0076
*Min Plate Depth, h5 [m]	0.0074
*Width between Plates, b3 [m]	0.0086
*Width over Link, bo [m]	0.0115
*3D Plate Drw Tolerance [m]	0.0002
*3D Pin Drw Tolerance [m]	0.0001
*3D Plate Colour	10
*3D Pin Colour	11

Figure 6: Example of a Template used to define Outer Chain Links

As previously described, the chain definition must be highly accurate, if not, SIMPACK will not generate the chain. Once we have explained how the SIMPACK software and SIMPACK CHAIN module work, we will describe some models which have been developed up to now. We have developed both full and partial models depending on their purposes. In addition, there are chains modelled both by and without the SIMPACK CHAIN module.

2.1.2 Full model

Subsequently, we will describe one model of an escalator. This model has been developed using SIMPACK basic software and the SIMPACK CHAIN module. The parameters of the model have been summarized in the following table.

Table 1: Summary of the parameters of this model	
Number of Links	81
Chain Link Pitch (m)	0.1667
Guide-Roller Contact Stiffness (N/m)	1.0 E6
Guide-Roller Contact Damping (Ns/m)	500
Linear Velocity (m/s)	0.5
Gear Root Diameter (m)	0.8
Gear Tip Diameter (m)	0.963
Pre-load in the Chain (N)	3000

The path that the chain links have to follow is guided using some contact guides and at least two gear wheels. One of these elements has to work as a tensioner. As the figure below shows, the guide geometry can be obtained by this SIMPACK module.

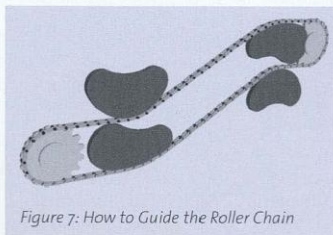


Figure 7: How to Guide the Roller Chain

Nevertheless, contact forces between each roller and the real guides had to be modelled using SIMPACK basic software,

because if not, the reaction force could not be calculated along the full guides. Thus, two guides were designed, one to establish the contact with the inner rollers, and the other to simulate the contact with the outer rollers. In addition, contact forces were defined between each roller and its respective guide using mobile markers. The steps were added to the model using a cylindrical joint between itself and its corresponding outer roller. The figure below shows one complete model of an escalator.

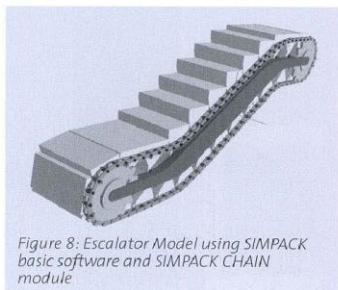


Figure 8: Escalator Model using SIMPACK basic software and SIMPACK CHAIN module

2.2 Kinematic Model

The basic mechanism of an escalator (without handrail) has been modelled using CATIA V5. A DMU KINEMATICS module has been used to simulate the overall kinematic behaviour. Although, we could have developed models only in SIMPACK, we have used both programs because it lets us compare the dynamic and kinematic behaviour between similar models. Revolute joints have been defined be-

tween links and between each link and its corresponding roller, using a common axis and a constant offset. The guides have been fixed by a rigid joint and between each roller and the corresponding guide there is a roller curve joint. The commands and laws of motion have been defined to simulate different traction types. The model has been sensorized in order to measure the kinematic variables and relative distances between different bodies. The next figure shows the basic elements of one model developed in CATIA V5 software.

CATIA V5 is more flexible than SIMPACK in such a way that changes in the geometries are quicker to make and to test.

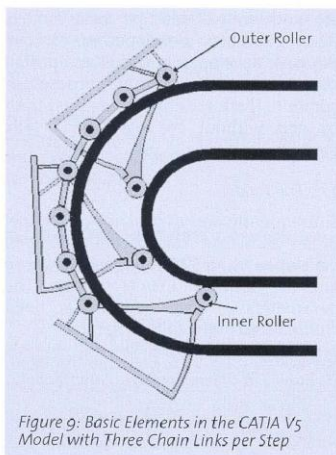


Figure 9: Basic Elements in the CATIA V5 Model with Three Chain Links per Step

So, different guide radii, roller diameters, chain link pitches and guide and step geometries have been tested.

2.3 Other Developments

Apart from developing some models based on traditional escalators, other models have been developed to test inventive ideas. So, new guide shapes and variable chain link pitches have been tested, as the following figure shows. A new guide shape has been designed in order to avoid contact between adjoining steps with two chain links per step.

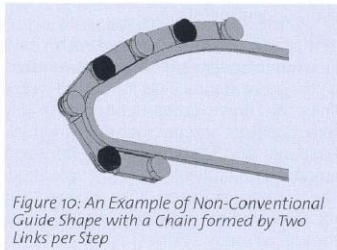


Figure 10: An Example of Non-Conventional Guide Shape with a Chain formed by Two Links per Step

Another research line is the polygonization effect located in any chain transmission. The polygonization effect makes the linear velocity of the wheel variable. This is an undesirable effect that is due to the difference between the arc length where each chain link is located and its chain link pitch. These differences increase with the length of the chain link pitch (Calero et Carta 1999), and decrease if the radius of the wheel rises. The equation (1) shows the variation of the linear velocity with the turned angle:

$$v = \frac{L \cdot \cos(\varphi) \cdot \omega}{2 \cdot \sin(\alpha)} = R \cdot \cos(\varphi) \cdot \omega \quad \varphi \in [0, 2\alpha] \quad (1)$$

If L is the chain link pitch, 2α is the angle between two adjacent rollers and the centre of the wheel φ is a variable angle defined between the vertical line and the line between the roller that is being studied and the centre of the wheel, R is the radius of the wheel, and ω is the rotation velocity of the wheel. These parameters are shown in the following figure:

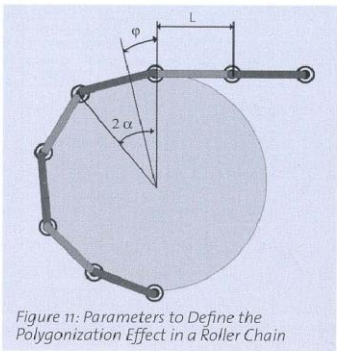


Figure 11: Parameters to Define the Polygonization Effect in a Roller Chain

Gleich neun auf einmal? Ist das nicht ein bisschen viel? Isses nicht.



Denn an eine einzige Telefonleitung können Sie bis zu 9 unserer Aufzuginotrufgeräte DIGIFON LIFTBOX anschließen. Ohne zusätzlichen TK-Dispatcher. Sondern einfach so. Das spart Kosten. Einfach so: Das ist nebenbei gesagt die Grundphilosophie der LIFTBOX. Einfach so lässt sie sich z. B. frei programmieren, fernkonfigurieren und fernupdaten. Einfach so entnimmt sie ihre Spannungsversorgung aus der Telefonleitung und braucht keinen Akku. Einfach so – wäre das nicht auch was für Sie?

Rufen Sie uns an, faxen Sie oder mailen Sie uns: Wir schicken Ihnen umgehend die DIGIFON LIFTBOX-Infos.

MS MIKROPROZESSOR-SYSTEME AG
Talangerstraße 7 • 82152 Krailling

E-Mail: info@ms-ag.de
Tel.: 089-150 0110-0 • Fax: 089-150 0110-99

MS
MIKROPROZESSOR
SYSTEME AG

This effect also justifies the search for new guide shapes if chain link pitch rises. There are some patents about pulse-free guide curves. Static, kinematic and geometric calculus with MATLAB has been programmed. The results obtained have been used as input for the other software and to compare with these software results.

3. Results

3.1 Dynamic Results

The Dynamic Results have been obtained from SIMPACK post-processor. The following figures represent the overall dynamic behaviour of a traditional escalator designed as indicated previously.

The characteristic dynamic variables to measure in a mechanism with chains are the resulting reaction forces between each roller and its corresponding guide, the tensile force that each chain link withstands over time, the tensor force and its displacement over time, velocities, accelerations, positions, angles, torques, etc. This paper shows the most important results related to the life of the chains. The following figure shows the longitudinal (tensile) force during one cycle.

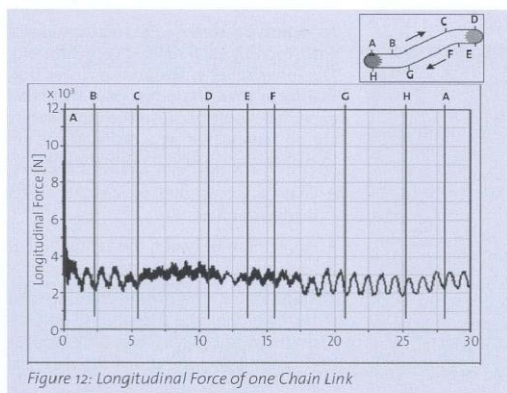


Figure 12: Longitudinal Force of one Chain Link

The figure below illustrates the contact forces between each roller and its corresponding guide. This figure above shows only the contact force to the inner roller and, below, the reactions to both inner and outer rollers.

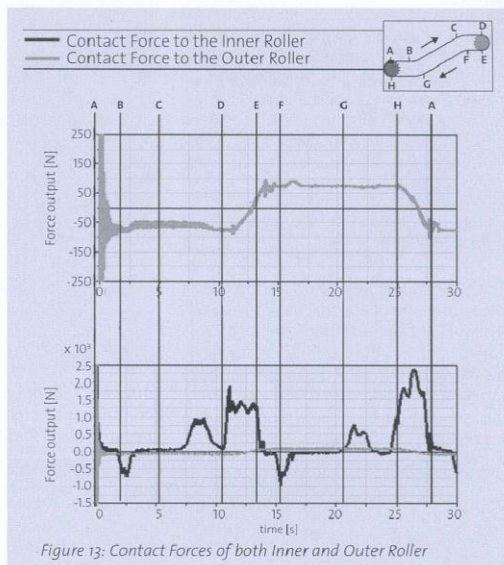


Figure 13: Contact Forces of both Inner and Outer Roller

3.2 Kinematic Results

The kinematic results have been obtained from CATIA V5 simulation software using different commands and laws to define the motion. Two representative cases have been shown, although CITEF has developed a few more.

Linear traction has been simulated imposing a constant linear velocity of one outer roller before the guide twirls. This graph shows a simulation of around 3.25 seconds, and the roller that comes from a horizontal guide part goes to the next horizontal zone.

www.elevatorshop.de

Ersatzteile für Aufzüge und Fahrtreppen
Elevator and escalator spare parts
Pièces détachées pour ascenseurs et escalateurs
Piezas de repuesto para los elevadores y las escaleras móviles

hauer GmbH, Efeustrasse 6, 76228 Karlsruhe, Germany
Phone +49 721 94795 0 Fax +49 721 94795 55

sales@elevatorshop.de

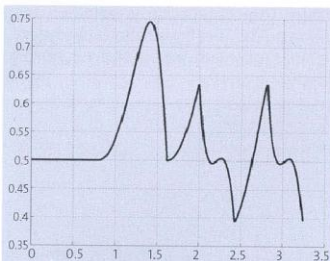


Figure 14: Linear Velocity of a roller moved by Linear Traction in the Top Horizontal Zone using Constant Radius Guides and One Link per Step

If constant linear velocity is imposed on a roller (driving roller), the next two adjacent rollers have a linear velocity that is shown in the figure below. In addition, this figure displays the minimum distance between two adjacent steps over time. This simulation has been made for the guide shape shown below.

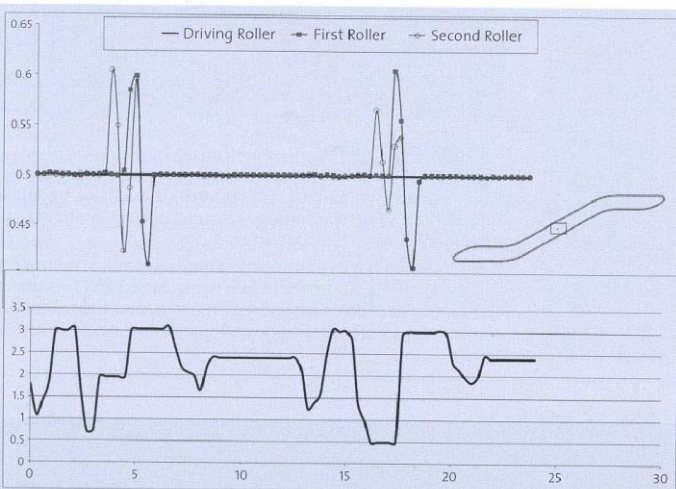


Figure 15: Linear Velocity (m/s) of Rollers Moved by One Roller Following a New Guide Shape using Two Links per Step (above), Minimum Distance (mm), Between Driving and First Rollers (below).

Several programs have been developed in MATLAB programming language. As an example, one kinematic result is shown in the figure 16.

4. Discussion

Escalator mechanical behaviour has been studied by the three kinds of developed software, SIMPACK, CATIA and MATLAB. Each model supplies results that show different characteristics of the mechanism. All characteristics are coherent with the others.

Analogies found between the three tools used give a major certainty to the results

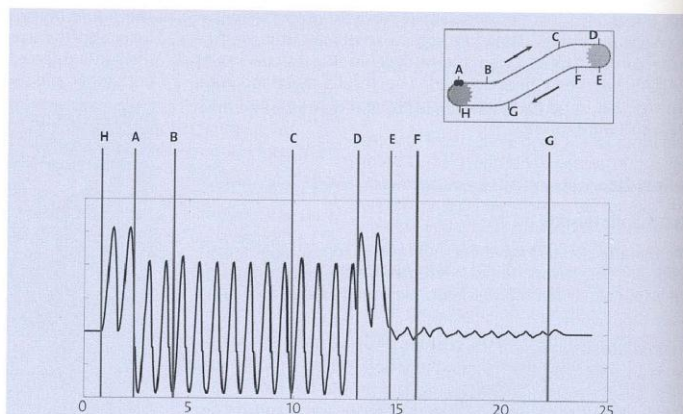


Figure 16: Linear Velocity (m/s) of Rollers Moved by Linear Traction, using one Chain Link per Step

obtained. So, figures 12, 14 and 16 show a common pattern between one another, because all of these characteristics define

traction type, number of chain links per step and guide radius and guide shape.

As figure 13 shows, the reaction force withstood by each roller is very different. The inner roller withstands a lower normal force than the outer one. This is an expected result because the inner rollers are not connected as a chain. There are two different causes of normal force:

- Gravity forces due to weight which load each roller.
- Equilibrium between the tensile forces supported by chain links.

The first cause affects both the inner and outer roller, but the second one only affects the outer roller. This result implies that outer rollers are much more critical than inner rollers. The polygonization effect causes changes of velocity which propagate along the escalator. This effect reduces chain life and produces a decrease in passenger comfort. In addition, maintenance period could be reduced, and acoustic problems could appear. CITEF has developed some models with different pulse-free curves. Pulse-free curves guarantee a constant linear velocity in the right parts of the guide, and there are other curves which can minimize these effects. Figure 16 illustrates the difference between using pulse-free or circular guides (figure 14).

5. Conclusions

CITEF has developed a set of tools that allow studying the dynamics and kinematics of escalators. With these tools some aspects of escalators have been tested, like chain link lengths, and guide geometries, which are very important in dynamic and kinematic results.

These results indicate some ways of improving escalator behaviour. The tools

longitudinal phenomena: the tensile force of a chain link and the linear velocity of the rollers. It is clear that main frequency concurs with chain link pitch. The figures obtained from SIMPACK software fluctuate into higher frequencies. This phenomenon is due to the fact that SIMPACK simulates dynamic parameters, while CATIA and MATLAB models are only kinematic or static. SIMPACK results show the transitory dynamic effects during the first instants of time. Permanent components are reached quickly.

Figures 14 to 16 show that the maximum linear velocity and polygonization effect depend on certain parameters such as

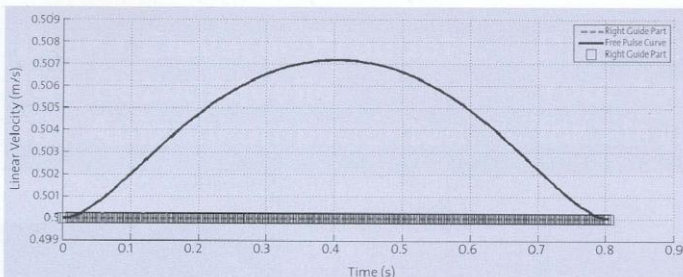


Figure 17: Linear Velocity (m/s) of Rollers Moved by Linear Traction, using one Chain Link per Step and Free-Pulse Guide

will be completely validated with the experimental data that is to be obtained from a real prototype. CITEF will then be able to test its innovations using these tools.

References

(Paper)

Cabanellas, JM^a, Cano, J.D., Suárez, B., Chover, J.A., Féliz, J. (2008). Mejora de un diseño de más de 100 años. Nuevos conceptos en escaleras mecánicas. Anales de Ingeniería Mecánica, Revista de la Asociación Española de Ingeniería Mecánica, Vol.1, pp. 233-239.

(Chapter in a book)

Strakosch, G.R. (1983). Vertical Transportation: Elevators and Escalators, John Wiley & Sons (Ed.), pp. 194-220.

(Paper)

Kwon, Y.S. (1998). Dynamic Analysis Step-by-Step. Mechanical Engineering-CIME.

(Paper)

Kwon, Y.S., Scott, G., Park, N. (2005). A Multibody Dynamic Model for Escalator Handrail Systems and its Application to Dynamic Characteristics. Springer, Multibody System Dynamics, Vol. 13, N° 2, pp. 253-266.

(Report)

Ogura, M., Haruta, Y. (2002). Escalators with High-Speed Inclined Sections, Mitsubishi Electric Advance, Vol. 99, pp. 22.

(Chapter in a book)

Miravete, A., Larrodé, E. (2007). Elevadores: Principios e Innovaciones, Reverté (Ed.), pp. 285-389.

(Chapter in a book)

Calero, R., Carta, J. A. (1999). Fundamentos de Mecanismos y Máquinas para Ingenieros, McGraw-Hill (Ed.), pp. 269-286.

Biographical Details

José María Cabanellas is Associate Professor in the Mechanical and Manufacturing Engineering Department of the Universidad Politécnica de Madrid. His Ph.D. Thesis was on System Modelling and Simulation like the major projects that he manages in CITEF.

Juan David Cano works as Research Engineer in CITEF. He is specialized in escalator simulation and design. He received his Master's Degree in Mechanical Engineering from the Universidad Politécnica de Madrid. At present he is preparing his Ph.D. Thesis.

Berta Suarez is head of the area of Railway Dynamics in CITEF. She received her Master's degree in Mechanical Engineering from the Universidad Politécnica de Madrid. At present she is preparing her Ph.D. Thesis.

Jose Antonio Chover works as Research Engineer in CITEF. He is specialized in railway mechanical systems simulation and design. He received his Master's Degree in Mechanical Engineering from the Universidad Politécnica de Madrid. At present he is preparing his Ph.D. Thesis.

Jesús Féliz is Full Professor of the Universidad Politécnica de Madrid. He is currently the director of CITEF. He has wide experience in System Modelling and Simulation and has published a large number of technical papers on the subject.

This paper was presented at **ELEVCON** Thessaloniki 2008, the International Congress on Vertical Transportation Technologies and first published in IAEE book "Elevator Technology 17", edited by A. Lustig. It is a reprint with permission from The International Association of Elevator Engineers **IAEE**

Drahtseile für Aufzüge

Vertriebspartner

USA/Kanada

Draka Elevator Products Inc.
Rocky Mount, NC
Tel.: + 1 252 972 6000
Fax: + 1 252 972 6001

Großbritannien

Re-Ropes Ltd.
Tel.: + 44 207 702 8600
Fax: + 44 207 702 7847

Türkei

Fupa Asansör
Tel.: + 90 216 527 9860
Fax: + 90 216 527 9868

Hongkong/China

Mak Kee International H.K. Ltd.
Tel.: + 852 2396 4107
Fax: + 852 2789 8323

Mittlerer Osten

Brunton-Wolf
Tel.: + 971 4 8838 151
Fax: + 971 4 8838 152

DME Cables

Tel.: + 971 4 8836 749
Fax: + 971 4 8836 238

Australien

Bullivants
Lifting & Safety
Specialists
Tel.: + 61 2 9771 3000
Fax: + 61 2 9772 2173

GUSTAV WOLF

Postfach 3353
Sundernstraße 40
D-33326 Gütersloh/Germany

Tel.: + 49 5241 876-0
Fax: + 49 5241 876-180
E-Mail: mail@gustav-wolf.de

